


CAREM25 	PROYECTO CAREM25 - REPORTE DE REVISIÓN
--	---

La entrada en vigencia del documento es a partir de la fecha indicada en “Firmado por SIAD”, salvo expresa indicación posterior en el documento.

CÓDIGO CNEA	MD-CAREM25XT-12-C2800-r2
CÓDIGO EXTERNO	
TÍTULO	Sistema de Extensión del Estado Seguro
FIN PREVISTO	CONFORME A INGENIERÍA DE DETALLE
MOTIVO DE LA EMISIÓN	Actualización del sistema conforme a ingeniería de detalle y a SCD-CAREM25XT-29-r0.
PERMISO DE USO	USO INTERNO
GESTIONADO EN	SIAD
ARCHIVO DIGITAL	MD-CAREM25XT-12-r2.pdf

COPIAS CONTROLADAS	
Copia N°	
Distribuyó:	(Firma y fecha)
Recibió:	(Firma y fecha)

	Proyecto CAREM Procesos			MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2	
	Memoria Descriptiva			Página: 1 de 16	

TÍTULO: Sistema de Extensión del Estado Seguro

1. OBJETIVO

El objeto del presente documento es describir el sistema 2800 (Sistema de Extensión del Estado Seguro), conforme al P&IDs [22], [25] de forma tal de explicitar sus funciones y criterios de diseño y los principales parámetros para el diseño de los equipos que se incluyen en dicho sistema.

1.1 RESUMEN

El sistema 2800 (Sistema de Extensión del Estado Seguro) tiene por funciones principales:

- Remover la potencia extraída por el SSECR (Sistema de Seguridad de Extracción de Calor Residual) en los EPFM en los que se requiera la actuación del mismo.
- Mantener la Pileta Supresora en condición subenfriada por medio de la refrigeración del agua de la misma.
- Reponer agua a las piletas del SSECR.
- Reponer agua al RPR.

1.2 SÍNTESIS DE LAS CONCLUSIONES

El sistema se diseñó siguiendo los lineamientos de [1], [2], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Preparó		Revisó			Intervino calidad	Aprobó
Leonardo Fernández		Leonardo Toriggia	Gabriela Piacentino		Gabriela Piacentino	Matías Corna

REVISIONES

Rev.	Fecha	Modificaciones
2	12/04/2022	Modificación conforme a actualización de ingeniería de detalle
1	30/06/2020	El presente documento se modifica por la Ingeniería de Detalle y por la SCD-CAREM25XT-29-r0.
0	06/06/2014	Original

FECHA DE VIGENCIA / FIN PREVISTO: INMEDIATA

COPIAS CONTROLADAS	ESTADO DEL DOCUMENTO
Copia N°: Distribuyó: Recibió: (firma y fecha)	Los campos "Estado del Documento" y "Fin Previsto" verificados por sistema, deben ser identificados en las copias controladas. Sólo es válido el documento en los sistemas de información CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA - Este documento es propiedad de CNEA y se reserva todos los derechos legales sobre él. No está permitida la explotación, transferencia o liberación de ninguna información en el contenido, ni hacer reproducciones y entregarlas a terceros sin un acuerdo previo y escrito de CNEA.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 2 de 16
-------------	---	---

INDICE

1. OBJETIVO.....	1
1.1 RESUMEN.....	1
1.2 SÍNTESIS DE LAS CONCLUSIONES	1
2. ALCANCE	4
3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES.....	4
3.1 ABREVIATURAS.....	4
3.2 DEFINICIONES.....	4
4. REFERENCIAS	4
4.1 ANTECEDENTES.....	4
4.2 DOCUMENTACIÓN APLICABLE.....	4
4.3 DOCUMENTACIÓN AFECTADA.....	6
5. RESPONSABILIDADES.....	6
6. DESARROLLO.....	6
6.1 Bases de diseño.....	6
6.1.1 Funciones en Operación Normal	6
6.1.2 Funciones en arranque y parada	6
6.1.3 Función ante Eventos Inicianes.....	6
6.1.4 Funciones ante Eventos Postulados de Fallas Múltiples.....	6
6.1.5 Función ante Accidente Severo Postulado	7
6.1.6 Criterios de diseño.....	7
6.1.6.1 De Seguridad Nuclear.....	7
6.1.6.2 De procesos.....	7
6.1.6.3 De Mecánica	8
6.1.7 Consideraciones de diseño.....	8
6.1.7.1 Consideraciones de Procesos.....	8
6.1.7.2 Consideraciones para Lay Out.....	9
6.1.7.3 Consideraciones para Cañerías	9
6.1.7.4 Consideraciones de Instrumentación	9
6.1.7.5 Consideraciones de Electricidad	10
6.1.7.6 Consideraciones Operativas	10
6.2 Clasificación del sistema y sus componentes.....	10
6.2.1 Clasificación de Seguridad.....	10
6.2.2 Clasificación Mecánica	10
6.3 Descripción del sistema	10
6.3.1 Generalidades	10
6.3.2 Equipos.....	12
6.3.2.1 Intercambiador de Calor 2800-BI-001 I/II	12

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 3 de 16
-------------	---	---

6.3.2.2	Intercambiador de Calor 2800-BI-002 I/II	12
6.3.3	Lay Out.....	13
6.3.4	Interacción del sistema con otros sistemas.....	13
6.4	Instrumentación del sistema	13
6.5	Control del Sistema.....	14
6.5.1	Protecciones y alarmas	14
6.5.2	Lógicas de control	14
6.5.3	Válvulas actuadas	14
6.5.4	Otros instrumentos	14
7.	CONCLUSIONES, OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES.....	14
7.1	CONCLUSIONES	14
7.2	OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES	14
8.	REGISTROS.....	15
9.	ANEXOS.....	15
9.1	Anexo A - Procedimiento de inyección con la autobomba	15

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 4 de 16
-------------	---	---

2. ALCANCE

El alcance del presente documento corresponde a la Ingeniería de detalle referente al Sistema de Extensión del Estado Seguro. Las siguientes son las áreas sobre los que tiene alcance el documento:

- Gerencia de Ingeniería (Gerencia de Área CAREM).
- Mecánica.
- Lay Out.
- Instrumentación y Cableado.
- Procesos.
- Seguridad Nuclear.

3. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

3.1 ABREVIATURAS

AT: Área técnica

EPFM: Evento Postulado Fallas Múltiples

P&ID: Diagramas de cañerías e instrumentos

PS: Pileta Supresora

RPR: Recipiente de Presión del Reactor

RSSECR: Recintos del Sistema de Seguridad de Extracción de Calor Residual

SSECR: Sistema de Seguridad de Extracción de Calor Residual

3.2 DEFINICIONES

No aplicable.

4. REFERENCIAS

4.1 ANTECEDENTES

- [1] ANSI/ANS 56.2 – “Containment Isolation Provisions for Fluid System After a LOCA”. 31 December-1984
- [2] ANSI/ANS 56.3 – “Overpressure Protection of Low Pressure System Connected to the Reactor Coolant Pressure Boundary”. 7 April-1977
- [3] IAEA Safety Standards, Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants - Safety Guide No. NS-G-2.15, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2009.

4.2 DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- [4] PO-CAREM25XT-9-r0: “Elaborados de Procesos”.
- [5] PO-CAREM25XT-10-r0: “Procedimiento para la elaboración de Memorias Descriptivas”.
- [6] MD-CAREM25M-16-r5: “Clases de cañerías”
- [7] CD-CAREM25M-2-r2: Criterios Básicos para la Construcción de Componentes de acuerdo a su Clasificación mecánica.
- [8] CD-CAREM25S-2-r5: “Criterios de clasificación general de estructuras, sistemas y componentes”.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 5 de 16
-------------	---	---

- [9] CD-CAREM25S-12-r4: Asignación de clasificación de seguridad a Estructuras, Sistemas y Componentes.
- [10] CD-CAREM25S-31-r0: "Criterios de Diseño del Sistema de Extensión del Estado Seguro (Sistema 2800) relativos a Seguridad Nuclear".
- [11] CD-CAREM25S-7-r2: "Criterios de diseño de la Contención (Sistema 0400) relativos a Seguridad Nuclear".
- [12] CD-CAREM25S-35-r2: Criterios para definir Funciones de Seguridad a Nivel Básico relacionadas con Monitoreo Preventivo y Monitoreo para Gestión de Eventos y Accidentes Severos.
- [13] IN-CAREM25S-110-r0: Requerimientos de Monitoreo de Parámetros Importantes para la Seguridad.
- [14] IN-CAREM25M-35-r2: "Asignación de Requerimientos Mecánicos-Sistema 2800".
- [15] CL-CAREM25XT-62-r0: "Balance de Masa y Energía y Dimensionamiento de Líneas Principales del Sistema de Extensión del Estado Seguro".
- [16] CL-CAREM25XT-60-r1: "Estimación de los volúmenes a reponer en las piletas del SSECR".
- [17] CL-CAREM25XT-14-r1: "Dimensionamiento del intercambiador de calor en los recintos del SSECR del Sistema de Extensión del Estado Seguro: 2800-BI-001 I/II".
- [18] CL-CAREM25XT-26-r1: "Dimensionamiento del intercambiador de calor en Pileta de Supresión del Sistema de Extensión del Estado Seguro: 2800-BI-002".
- [19] DF-CAREM25XT-5-r0: " Diagrama de flujo del Sistema de Extensión del Estado Seguro".
- [20] PL-CAREM25V-5-r12: "LAY OUT DE EQUIPOS PLANTA NIVEL +10.0 m".
- [21] PL-CAREM25V-2-r12: "LAY OUT DE EQUIPOS PLANTA NIVEL -5.80 m".
- [22] PDI-CAREM25XT-21-r3: "Sistema de Extensión del Estado Seguro. Dentro de la contención. Diagrama de cañerías e instrumentos".
- [23] CL-CAREM25XT-63-r1: "Estimación del volumen a reponer en el RPR".
- [24] CL-CAREM25XT-11-r3: "Cálculo de Volumen y la altura del pelo de líquido de piletas del SSECR".
- [25] PDI-CAREM25XT-23-r2: "Sistema de Extensión del Estado Seguro. Fuera de la contención. Diagrama de cañerías e instrumentos".
- [26] PDI-CAREM25XT-11-r4: "Sistema de purificación y refrigeración del agua de las piletas de la contención y rociado de recinto seco - Dentro de contención - P&ID".
- [27] IN-CAREM25CI-6-r0: "Mediciones de variables del RPR ubicadas dentro y fuera del recipiente".
- [28] EXT-CAREM25T-2-r0: "Potencia de decaimiento en el núcleo del CAREM". Ver NOTA 1.
- [29] IN-CAREM25N-1-r0: "Potencia de Decaimiento en el Núcleo del Reactor CAREM25 calculada con ORIGEN-2"
- [30] LM-CAERM25XT-55-r1: "Lista de Partes Especiales del Sistema de Extensión del Estado Seguro".
- [31] LM-CAREM25XT-54-r1: "Lista de equipos del Sistema de Extensión del Estado Seguro".
- [32] SCD-CAREM25XT-29-r0: "Modificaciones del Sistema 2800, Fuera de Contención".

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 6 de 16
-------------	---	---

NOTA 1: quienes firman el presente documento, y a los fines señalados en la sección 2. del mismo, asumen como aplicables los datos tomados del documento indicado, el cual se encuentra en estado de referencia.

4.3 DOCUMENTACIÓN AFECTADA

Supera al documento MD-CAREM25XT-12-r1.

5. RESPONSABILIDADES

La responsabilidad de la elaboración, emisión y revisión del presente documento corresponde a AT Procesos.

6. DESARROLLO

Este sistema deberá cumplir con las funciones de seguridad asociadas a la extensión de la condición de estado seguro ante la ocurrencia de un EPFM.

6.1 Bases de diseño

6.1.1 Funciones en Operación Normal

No aplicable.

6.1.2 Funciones en arranque y parada

No aplicable.

6.1.3 Función ante Eventos Iniciantes

No aplicable.

6.1.4 Funciones ante Eventos Postulados de Fallas Múltiples

El sistema 2800 (Sistema de Extensión del Estado Seguro) tiene por funciones principales:

- **Remover la potencia extraída por el SSECR** (Sistema de Seguridad de Extracción de Calor Residual) en los EPFM en los que se requiera la actuación del mismo, por medio de la refrigeración de la cámara de vapor donde se aloja este sistema con el objetivo de condensar el vapor generado por el funcionamiento del SSECR y extender el funcionamiento del mismo más allá del período de gracia, manteniendo además la presión de dichos recintos por debajo del valor de verificación (0,5 MPa(a) para EPFM).
- **Mantener la Pileta Supresora en condición subenfriada** por medio de la refrigeración del agua de la misma, con el objetivo de extender la capacidad de condensación de la PS y por lo tanto, su función como principal sumidero de energía de la contención, más allá del período de gracia.
- **Reponer agua a las piletas del SSECR**, con el objetivo de extender el funcionamiento del condensador del sistema más allá del período de gracia para los EPFM en los que se requiera la actuación del SSECR.
- **Reponer agua al sistema primario** de modo que el nivel en el RPR permanezca por encima del tope del núcleo luego de transcurrido el período de gracia, con el objetivo de mantener la refrigeración de los combustibles con agua líquida.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 7 de 16
-------------	---	---

6.1.5 Función ante Accidente Severo Postulado

No aplicable.

6.1.6 Criterios de diseño

6.1.6.1 De Seguridad Nuclear

El diseño del sistema cumple con los criterios de seguridad que se encuentran en las referencias [8], [9], [10], [11], [12], [13].

6.1.6.2 De procesos

- **Inyección de agua al sistema:** el agua es inyectada externamente al sistema para lograr cumplir con las funciones mencionadas en 6.1.4, mediante la autobomba Modelo WFP-4000/500/250. El mismo cuenta con una bomba centrífuga vertical con una capacidad de 380 l/min a 10 bar. La conexión al sistema se realiza con las mangueras de la autobomba a través de las bocas de conexión exteriores al edificio que posee en S2800 [22], [25]. Durante la inyección de agua al sistema, el operador de la autobomba debe tener en cuenta no superar la presión de diseño de las líneas del sistema, al realizar el procedimiento de acople de la bomba centrífuga a través de la caja de transferencia del mismo. Se deberá contemplar el procedimiento establecido en el Anexo 9.1.
- Que aplican a la función de remover la potencia extraída por el SSECR:

El intercambiador de calor 2800-BI-001 I/II, condensa los vapores que se forman en los RSSECR ante la ocurrencia de un EPFM.

Para el dimensionamiento del intercambiador que se encuentra en la cámara de vapor de la piletta del SSECR se considera una potencia de decaimiento de 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento transcurrido el período de gracia) [28] [29], una presión de 0,1 MPa(a) y una temperatura de saturación correspondiente a esa presión.

Se realizan los cálculos de transferencia de calor contemplando convección forzada dentro del tubo, conducción en el espesor del mismo y condensación en la pared externa del tubo. Se toma un margen de seguridad del 10% en el largo del tubo del intercambiador para contemplar incertezas en las correlaciones de los coeficientes de transferencia.
- Que aplican a la función de mantener la Piletta Supresora en condición subenfriada:

El intercambiador de calor 2800-BI-002, enfría el agua contenida en la Piletta Supresora ante la ocurrencia de un EPFM. Se considera que dicho intercambiador debe tener la capacidad de disipar 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento transcurrido el período de gracia) [28] [29], manteniendo subenfriada el agua de la misma durante todo momento.

Se considera una presión de 0,1 MPa(a) y una temperatura de saturación correspondiente a esa presión.

Se realizan los cálculos de transferencia de calor contemplando convección forzada dentro del tubo, conducción en el espesor del mismo y convección natural en la PS. Se toma un margen de seguridad del 10% en el largo de los tubos del intercambiador para contemplar incertezas en las correlaciones de los coeficientes de transferencia.
- Que aplican a la función de reponer agua a las piletas del SSECR:

La inyección a los RSSECR, en la zona de vapor de las mismas, se dimensiona de manera de asegurar que el intercambiador del Sistema 0810 se encuentre cubierto ante la ocurrencia de un EPFM.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 8 de 16
-------------	---	---

Para llevar a cabo el cálculo del caudal mínimo a inyectar (caudal de evaporación), se considera la potencia de decaimiento a las 36 hs, 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento transcurrido el período de gracia) [28] [29]. Para el cálculo del calor de evaporización se toma una presión de 0,5MPa(a) y a la temperatura de saturación correspondiente a esa presión de manera conservativa.

Para el tiempo de reposición, se considera como razonable un tiempo menor a 6 hs.

Para el cálculo del volumen a reponer, se considera el nivel desde la parte superior de los tubos del condensador 0810-BI-001 I/II hasta el nivel de los RSSECR donde se encuentra el switch de nivel que indicará la finalización de la operación de llenado (LSL-32033/LSLL-32035 y LSL-31033/LSLL-31035 [26]).

- Que aplican a la función de reponer agua al RPR:

La inyección al RPR se dimensiona de manera de asegurar núcleo cubierto ante la ocurrencia de un EPFM. Para el cálculo del caudal mínimo de reposición, se considera la potencia de decaimiento luego de transcurridas 36 hs, 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento transcurrido el período de gracia) [28] [29]. Para el cálculo del calor de evaporización se toma una presión de 0,5 MPa(a) y a la temperatura de saturación correspondiente a esa presión de manera conservativa.

Estas condiciones corresponden a una presión menor que la que puede inyectar la autobomba. El operador debe asegurarse de que al realizar esta inyección, el RPR se encuentre por debajo de esta presión.

Para el tiempo de reposición, se considera como razonable un tiempo menor a 6 hs.

Para el cálculo del volumen a reponer, se considera el nivel desde el tope del núcleo hasta donde se encuentran el switch de nivel (LSL-003, ubicado en la zona activa del GV [27]), que indicará la finalización de la operación de llenado. De esta manera, se evita pérdida de fluido refrigerante líquido al no alcanzar el nivel de eductores y tomas de procesos del RPR.

- Respecto al suministro de agua:

Se establecen tres alternativas de suministro de agua para el Sistema 2800: agua desmineralizada, agua del tanque de reserva contra incendios y agua de río (dicha agua se tomara de la casa de bombas del sistema terciario).

En el caso de las inyecciones al RPR y a los RSSECR, se utilizará agua desmineralizada como primera opción y agua del tanque de reserva contra incendios o agua de río como segunda y tercera opción, respectivamente.

En el caso de los intercambiadores 2800-BI-001 I/II y 2800-BI-002, se utilizará como primera opción agua de río y como segunda opción agua del tanque de reserva contra incendios.

6.1.6.3 De Mecánica

El diseño del sistema cumple con los criterios de mecánica que se encuentran en [7].

6.1.7 Consideraciones de diseño

A continuación se listan las consideraciones tomadas en el diseño para cumplir los criterios de diseño especificados anteriormente.

6.1.7.1 Consideraciones de Procesos

1) Consideraciones de procesos generales

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 9 de 16
-------------	---	---

Dado que no es requerido en los criterios de seguridad (6.1.6.1), este sistema no se encuentra redundado. Sin embargo, las inyecciones y el intercambiador de calor de los RSSECR, se encontrarán duplicadas ya que el sistema SSECR se encuentra redundado.

2) Que aplican al diseño específico del sistema

La remoción de calor en cada recinto del SSECR será efectuada por medio de un intercambiador de calor ubicado en la cámara del mismo, de modo que la función de refrigeración se lleve a cabo por condensación del vapor generado por el funcionamiento del SSECR. Ver 6.1.7.2.

El sistema deberá contar con una válvula de retención en cada línea de reposición, de manera que sólo esté permitido el flujo hacia el interior de la contención. Estas mismas líneas además contarán con una válvula manual de cierre ubicada próxima al lado externo de la pared de la contención, en el caso de la reposición a los RSSECR, y una válvula automática de cierre, próxima a la entrada de la válvula de retención, en el caso de la línea de reposición al RPR.

La remoción de calor en la PS, será efectuada por medio de un intercambiador de calor que funcionará completamente inmerso en el líquido de la misma, garantizando que la temperatura en la PS esté siempre por debajo de la temperatura de saturación.

6.1.7.2 Consideraciones para Lay Out

Los intercambiadores de calor 2800-BI-001 I/II, deberán ubicarse en la zona de vapor de cada recinto del SSECR, para evitar perforaciones en las piletas que puedan ocasionar un eventual vaciado de las mismas. Así mismo las inyecciones de agua a dichos recintos también deberán ubicarse en la zona de vapor. El intercambiador de calor 2800-BI-001 I/II debe estar ubicado, como máximo, a 400 mm con respecto al techo del recinto y desfasado del área de montaje del intercambiador del Sistema 0810.

El intercambiador de calor 2800-BI-002, deberán ubicarse en la zona de líquido de la PS, mientras que los caños atravesarán la PS en la zona de vapor para evitar eventual pérdida de agua de PS.

Los acoples que permitirán el suministro de agua de enfriamiento e inyección deben ser de un tamaño y tipo de acuerdo al estándar de bomberos en la localidad de Lima, Provincia de Buenos Aires [30].

Las válvulas de aislación de la contención exteriores a la pared de la misma, deberán ubicarse lo más próximo posible a la pared [1] . Ver sección 6.3.1.

6.1.7.3 Consideraciones para Cañerías

Para facilitar el suministro de agua al Sistema 2800, las conexiones de entrada al mismo deberán estar ubicadas en forma cercana una de otra, y resultar de fácil acceso. Por lo tanto, se prevé que la ubicación de las mismas sea en la parte exterior de la pared del edificio del reactor [20], [21].

La ubicación de las conexiones de descargas de los intercambiadores del Sistema 2800, que se encuentran en la zona exterior del edificio del reactor, deberán estar colocadas de manera de facilitar su conexión por medio de manguera a la pileta de sello de descarga del sistema terciario.

6.1.7.4 Consideraciones de Instrumentación

El Sistema 2800 contará con medidores en campo de presión, temperatura y caudal, distribuidos entre el edificio del reactor y el exterior, tal que proporcionen información de fácil acceso para el operador. Habrá medidores de presión ubicados próximos al lado externo de la pared de la contención en cada línea de reposición a los RSSECR y al RPR, y en cada línea de descarga de cada uno de los intercambiadores del Sistema [22], [25].

Se contará con indicaciones de nivel en cada RSSECR (pertenecientes al Sistema 0480) [26] y se emplearán los indicadores dispuestos en el RPR [27]. Ver sección 6.4.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 10 de 16
-------------	---	--

6.1.7.5 Consideraciones de Electricidad

Los elementos del sistema deberán disponer de un suministro ininterrumpible de energía y además disponer de conexión a batería portátil de emergencia a ser conectada en campo.

6.1.7.6 Consideraciones Operativas

6.1.7.6.1 Parámetros de operación

Los parámetros de operación del sistema 2800, son los siguientes:

- Temperatura en los recintos del SSECR: 100°C [10]
- Presión en los recintos del SSECR: 0,10 MPa(a) [10]
- Temperatura en la PS: 100°C [10]
- Presión en la PS: 0,10 MPa(a) [10]
- Caudal de agua para los intercambiadores de calor: 21600 Kg/h [17], [18]
- Caudal de agua a reponer en los recintos del SSECR: 14727Kg/h [16]
- Caudal de agua a reponer en el RPR: 13067 Kg/h [23]
- Potencia a remover: 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento al final del período de gracia) [28] [29]

6.2 Clasificación del sistema y sus componentes

6.2.1 Clasificación de Seguridad

El sistema y sus componentes son clasificados de acuerdo a documentos [8], [9].

6.2.2 Clasificación Mecánica

Para la clasificación mecánica de las cañerías y componentes del sistema ver [14].

6.3 Descripción del sistema

6.3.1 Generalidades

Función de remoción de la potencia extraída por el SSECR en los EPFM en los que se requiera la actuación del mismo.

El Sistema 2800 podrá llevar a cabo la remoción del calor de decaimiento más allá del período de gracia, por medio de los intercambiadores 2800-BI-001 I/II ubicados en la zona de vapor de cada recinto del SSECR. La refrigeración se producirá por la condensación del vapor generado por acción del SSECR. Las condiciones de diseño son las descriptas en 6.1.6.2.

Función de mantener la Pileta Supresora en condición subenfriada por medio de la refrigeración del agua de la misma.

La remoción de calor podrá ser efectuada por medio del intercambiador 2800-BI-002, ubicado en la zona del líquido de la PS. La refrigeración se producirá por enfriamiento del cuerpo del líquido contenido, de tal forma que éste, en ningún momento, alcance la temperatura de saturación. Las condiciones de diseño son las descriptas en 6.1.6.2.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 11 de 16
-------------	---	--

Función de reposición de agua al RPR.

El Sistema podrá reponer agua al RPR de manera que el nivel permanezca en todo momento por encima del tope de núcleo. Esto será realizado mediante una línea de inyección que estará conectada directamente con la zona de vapor del domo del RPR. Las condiciones de diseño son las descriptas en 6.1.6.2.

Función de reposición de agua a las piletas del SSECR.

El Sistema contará además con la capacidad para reponer agua a las piletas del SSECR. Esto será realizado mediante líneas de ingreso en la zona de vapor de las mencionadas piletas. La refrigeración se producirá por el ingreso de un fluido más frío a la pileta, lo que lleva a una refrigeración de la misma. Se busca asegurar que el 0810-BI-001 I/II esté totalmente cubierto, contemplando que luego de 36 hs de ocurrido un EPFM.

Otras consideraciones.

Cada línea de ingreso a la contención dispondrá de válvulas de cierre de acuerdo a los requerimientos y recomendaciones de las normas ANSI/ANS 56.2 [1] y ANSI/ANS 56.3 [2]. (Ver sección 6.4).

Los intercambiadores 2800-BI-001 I/II y 2800-BI-002 operarán con agua de río (dicha agua se tomará de la casa de bombas del sistema terciario), como fluido frío, preferentemente, pudiendo además utilizar agua del tanque de reserva contra incendios como segunda opción. Las descargas de los mismos serán conducidas a la pileta de sello de descarga del sistema terciario.

La reposición al RPR y a los RSSECR utilizará preferentemente agua desmineralizada, y agua de reserva contra incendios o agua de río (dicha agua se tomará de la casa de bombas del sistema terciario), como segunda o tercera opción, respectivamente.

Cada una de las líneas que atraviesa el edificio del reactor contará con una toma preparada para conexión rápida con manguera, de manera que se encuentre facilitado el acceso a los suministros mencionados y al sistema de descarga en el caso de los intercambiadores. Se prevé la disponibilidad de tres bocas para la descarga a la pileta de sello de descarga del sistema terciario. Ver configuración en el P&ID [22], [25].

De esta forma, la conexión se realizará mediante manguera entre la toma (o descarga) ubicada en la parte exterior de la pared del edificio de reactor y la boca de suministro requerida (o descarga a la pileta de sello de descarga del sistema terciario). Se prevé la utilización de dos autobombas para el establecimiento de cada tipo de suministro, siendo uno principal y otro auxiliar en caso de falla de la primera conexión. Ver configuración en el P&ID [22], [25].

Se contará con tres bocas para el suministro de agua de río (operando únicamente una de ellas). La toma se realizará a través de la Casa de Bombas del Sistema Terciario. Ver configuración en el P&ID [22], [25].

Se contará con dos bocas para el suministro de agua desmineralizada (operando únicamente una de ellas). La toma se realizará a través del tanque de agua desmineralizada. Ver configuración en el P&ID [22], [25].

De manera similar, se contará con dos bocas para el suministro de agua de reserva contra incendios (operando únicamente una de ellas). La toma se realizará a través del tanque de agua de reserva contra incendios. Ver configuración en el P&ID [22], [25].

Dado que el sistema no se utiliza normalmente, requerirá de pruebas periódicas, debido a su clasificación de seguridad, para garantizar su correcto funcionamiento al momento de requerir de su operación [8].

Los equipos y componentes incluidos en el Sistema 2800, son los siguientes [30]:

- Intercambiador de calor 2800-BI-001 I/II

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 12 de 16
-------------	---	--

- Intercambiador de calor 2800-BI-002

Las condiciones de diseño de la línea de reposición al RPR comprendida entre el ingreso en su parte superior y el ingreso de la válvula de aislación al mismo serán [6], [15], [2]:

- Temperatura de diseño: 340 °C
- Presión de diseño: 14,5 MPa(a)

Esta línea y sus componentes cumplen servicio durante la Función de reposición de agua al RPR.

Por su parte, las condiciones de diseño del resto de las líneas y componentes del sistema comprendidas desde el interior de la contención hasta las conexiones ubicadas en la pared exterior del edificio del reactor serán [6], [15], [1]:

- Temperatura de diseño: 150°C.
- Presión de diseño: 1,1 MPa(a)

Estas líneas y componentes cumplen servicio en ocasión de la Función de remoción de la potencia extraída por el SSECR en los EPFM, durante la Función de mantener la Pileta Supresora en condición subenfriada y durante la Función de reposición de agua a las piletas del SSECR, además del tramo de línea de reposición al RPR comprendido entre el ingreso de la segunda válvula de aislación del RPR y la toma del exterior del edificio (Función de reposición de agua al RPR).

~~Las líneas de toma y descarga de agua de río (ubicadas fuera del edificio del reactor) tendrán las siguientes condiciones de diseño [6], [15]:~~

- ~~• Temperatura de diseño: 70°C.~~
- ~~• Presión de diseño: 1,1 MPa(a)~~

6.3.2 Equipos

A continuación se describen las características principales de los equipos que conforman el Sistema 2800.

6.3.2.1 Intercambiador de Calor 2800-BI-001 I/II

El intercambiador de calor 2800-BI-001 I/II condensa el vapor generado por el funcionamiento del SSECR. De esta forma permite remover 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento al final del período de gracia) [28] [29].

Consiste en una cañería de acero inoxidable AISI 304L [6] doblado en forma de serpentín, por cuyo interior circula el fluido refrigerante. Se ubica en la zona de vapor de cada recinto del SSECR. (Ver sección 6.1.6.2 [17]).

6.3.2.2 Intercambiador de Calor 2800-BI-002 I/II

El intercambiador de calor 2800-BI-002 enfría líquido contenido en la PS. De esta forma permite remover 0,6 MW (correspondiente a la potencia de decaimiento al final del período de gracia) [28] [29].

Consiste en una cañería de acero inoxidable AISI 304L [6] doblado en forma de serpentín, por cuyo interior circula el fluido refrigerante. Se encuentra inmerso en la zona de líquido de la PS. (Ver sección 6.1.6.2[18]).

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 13 de 16
-------------	---	--

6.3.3 Lay Out

Los equipos pertenecientes al Sistema 2800 se ubicarán dentro de la contención. Para la ubicación de los equipos ver [31].

6.3.4 Interacción del sistema con otros sistemas

Este sistema se vincula con los siguientes sistemas de procesos:

- Sistema 0100 (Sistema Primario).
- Sistema 0470 (Sistema de Interconexión de Recintos de la Contención).
- Sistema 0810 (Sistema de seguridad de extracción de calor residual (SSECR)).
- Sistema 7900 (Agua desmineralizada – Producción)
- Sistema 7300 (Sistema de Protección Contra Incendios)
- Sistema 6700 (Sistema Terciario)

6.4 Instrumentación del sistema

Ver en el P&ID [22], [25].

El Sistema 2800 dispone de medidor local de presión en las líneas de ingreso al 2800-BI-001 I/II, ubicado del lado externo de la pared del edificio del reactor. Cuenta además con una válvula manual para regulación del caudal sobre la línea de ingreso. En las líneas de descarga de los mismos se medirá localmente caudal, presión y temperatura. Los medidores correspondientes estarán ubicados del lado externo de la pared del edificio del reactor. Asimismo, se dispondrá de un medidor de presión sobre la línea de descarga, ubicado entre el lado externo de la pared de la contención y la válvula de aislación de la misma; estos medidores contarán con doble válvula de bloqueo para evitar posibles fugas. (Ver [22], [25])

En las inyecciones a los RSSECR, se medirá caudal y presión en el lugar de acceso. Los medidores serán de indicación local y se encontrarán del lado externo de la pared del edificio del reactor. Asimismo, se dispondrá de un medidor de presión sobre la línea de descarga, ubicado entre el lado externo de la pared de la contención y la válvula de aislación de la misma; estos medidores contarán con doble válvula de bloqueo para evitar posibles fugas. (Ver [22], [25])

En la línea de ingreso al 2800-BI-002 el Sistema cuenta con medidor de indicación local de presión, ubicado del lado externo de la pared del edificio del reactor. Cuenta además con una válvula manual para regulación del caudal sobre la línea de ingreso. En la línea de descarga del mismo se medirá caudal, presión y temperatura. Los medidores correspondientes estarán ubicados del lado externo de la pared del edificio del reactor. Asimismo, se dispondrá de un medidor de presión sobre la línea de descarga, ubicado entre el lado externo de la pared de la contención y la válvula de aislación de la misma; este medidor contará con doble válvula de bloqueo para evitar posibles fugas. (Ver [22], [25])

En la inyección al RPR, se cuenta con un medidor de caudal y presión en la línea de ingreso, que se ubicará del lado externo de la pared del edificio del reactor. Asimismo, se cuenta con un medidor de presión, ubicado entre el lado externo de la pared de la contención y la descarga de la válvula de aislación de la misma; este medidor contará con doble válvula de bloqueo para evitar posibles fugas. (Ver [22], [25])

El Sistema utilizará los indicadores de nivel de los RSSECR, pertenecientes al Sistema 0480 [24] y los indicadores dispuestos en el RPR [27], pertenecientes al Sistema 0100. Estos darán una indicación en sala de control. De esta forma, el operador determinará cuando empezar o dejar de inyectar agua a los RSSECR y RPR.

Estas señales serán alimentadas localmente con baterías externas auxiliares. (Ver [22], [25]).

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 14 de 16
-------------	---	--

6.5 Control del Sistema

6.5.1 Protecciones y alarmas

No aplicable.

6.5.2 Lógicas de control

No aplicable.

6.5.3 Válvulas actuadas

La válvula actuada perteneciente al circuito de inyección al RPR será falla última. Ver en el P&ID [22].

La válvula actuada (2800-XV-10001) será una válvula de operación manual remota, tanto desde sala de control como desde panel local de alimentación eléctrica auxiliar en campo y con alimentación externa independiente, no relacionada al sistema de control.

Se deberá disponer de indicadores en sala de control especificando el estado en el que se encuentran dicha válvula (abierta/cerrada).

No podrá ser abierta si la presión en el RPR es mayor o igual a 1 MPa(a).

En caso de falla de la medición de presión en RPR (por ejemplo, ante *Black Out*, pérdida de suministro eléctrico), dicha lógica de inhibición de apertura de válvula será desactivada.

La apertura de dicha válvula podrá hacerse de manera local con alimentación eléctrica auxiliar con comando múltiple de apertura. Este panel de accionamiento deberá ser diseñado para que un solo operador no pueda hacer dicha operación en forma individual. Además, se deberá prever llaves de acceso a dichos comandos.

Las acciones antes expuestas sobre la válvula actuada (2800-XV-10001) deberán ser confirmadas y diseñadas de acuerdo con lo indicado.

6.5.4 Otros instrumentos

Válvulas de seguridad y alivio. Ver en el P&ID [22].

7. CONCLUSIONES, OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Se ha diseñado siguiendo los criterios descritos en 6.1.6.

Se han presentado las características principales del Sistema 2800 (Sistema de Extensión del Estado Seguro).

7.2 OTROS ESTUDIOS Y RECOMENDACIONES

- Para la operación de la válvula actuada en forma remota, se requiere la utilización de carros de baterías eléctricas.
- Debe analizarse la posibilidad de utilizar las cañerías de suministro y descarga pluvial existentes para cumplir las funciones del Sistema 2800, o en su defecto, considerar el diseño de cañerías de suministro y descarga propias.
- El tiempo de autonomía calculado para la reposición de agua a los RSSECR es de 95,5hs (considerando un volumen de reposición de 93,1m³) [16] y de 22,3hs (considerando un volumen de reposición de 21,8m³) para el caso del RPR [23].

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 15 de 16
-------------	---	--

- El AT Seguridad Nuclear recomienda que se estudie la posibilidad de que las mediciones de temperatura, presión y caudal que actualmente cuentan con indicación local en campo [22], [25], tengan además, medición en sala de control para que en caso de que sea posible, el operario de campo, tenga soporte desde sala de control [3]. Además, el AT Seguridad Nuclear recomienda contemplar la necesidad de monitoreo e instrumentación correspondiente en las válvulas del sistema.
- El AT *Lay-Out* deberá contemplar los espacios necesarios para que puedan ingresar y estacionar los autobombas en las cercanías de las tomas de agua tanto de la casa de bombas del terciario, tanque de agua demi, tanque de agua contra incendios como de las bocas de descarga de los intercambiadores de calor del sistema.
- Las acciones antes expuestas sobre la válvula actuada (2800-XV-10001) deberán ser confirmadas y diseñadas de acuerdo con lo indicado.

8. REGISTROS

No aplicable.

9. ANEXOS

9.1 Anexo A - Procedimiento de inyección con la autobomba (*) NOTA

Debido a la especificación del modelo de bomba seleccionada para los autobombas a disponerse en el predio CAREM, y considerando que la presión de shut-off de las bombas a emplearse es de 1,2 MPa(a), es necesario establecer un procedimiento operativo tal que garantice que las condiciones de diseño mencionadas no se superen durante la operación del Sistema.

Procedimiento de operación propuesto:

1. Habilitación de la línea de inyección.

Se abren **en posición de apertura completa** las válvulas de ingreso, descarga y regulación de la línea por la cual se va a inyectar:

- Inyección a 2800-BI-001/I: VFM-102/VFM-103/VFM-104/VFM-105/VGM-101
- Inyección a 2800-BI-001/II: VFM-107/VFM-108/VFM-109/VFM-110/VGM-106
- Inyección a 2800-BI-002: VFM-112/VFM-113/VFM-114/VFM-115/VGM-111
- Inyección a RSSECR 2.4.C04: VFM-121/VFM-122/VGM-120
- Inyección a RSSECR 2.4.C05: VFM-117/VFM-118/VGM-116
- Inyección a RPR: VFM-125/VFM-126/VGM-124

2. Habilitación de los manómetros de la línea a inyectar.

Se abren las válvulas de los manómetros.

- Inyección a RSSECR 2.4.C04: VFM-156
- Inyección a RSSECR 2.4.C05: VFM-155
- Inyección a RPR: VFM-154

3. Inicio de la inyección.

El operador debe accionar lentamente el acelerador para llegar de manera controlada al caudal y presión requeridos (**5bar y 300lpm**). Estas condiciones se constatan por observación directa en los manómetros y caudalímetros dispuestos sobre la línea en la que se inyecta.

- Inyección a 2800-BI-001/I: PI-20001/PI-20012/PI-20013/FI-20002
- Inyección a 2800-BI-001/II: PI-21001/PI-21012/PI-21013/FI-21002
- Inyección a 2800-BI-002: PI-20003/PI-20015/PI-20016/FI-20004

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2

CNEA	Sistema de Extensión del Estado Seguro	MD-CAREM25XT-12 -C2800 Rev.: 2 Página: 16 de 16
-------------	---	--

- Inyección a RSSECR 2.4.C04: PI-21006/PI-21005/FI-21007
- Inyección a RSSECR 2.4.C05: PI-20006/PI-20005/FI-20007
- Inyección a RPR: PI-20008/PI-20009/FI-20011

IMPORTANTE: al acelerar se producirá el aumento simultáneo del caudal y la presión de inyección. Si la apertura de la válvula reguladora es mayor a la requerida para que se establezca el punto operativo, el caudal operativo podrá alcanzarse pero a una presión inferior a la requerida. De manera contraria, si la apertura de la válvula reguladora fuera inferior a la necesaria para establecer el punto operativo, podrá alcanzarse la presión operativa pero con un caudal inferior al requerido. En cualquiera de estas dos situaciones, **y sin modificar la posición de las válvulas**, el operador debe desacelerar (disminuyendo las RPM de la bomba) hasta detener la circulación de fluido. Con la bomba detenida se debe proceder a cerrar o abrir (según sea el caso) ligeramente la válvula reguladora, y reanudar lentamente la aceleración. El proceso se repite hasta encontrar la apertura de la válvula reguladora que permite establecer el punto operativo requerido (**5bar y 300lpm**).

A continuación, se muestran las CURVAS CARACTERISTICAS DE LA MOTOBOMBA A DOS RPM (no indicadas en la imagen).

NOTA: este procedimiento propuesto deberá ser confirmado con el manual de operación de la autobomba.

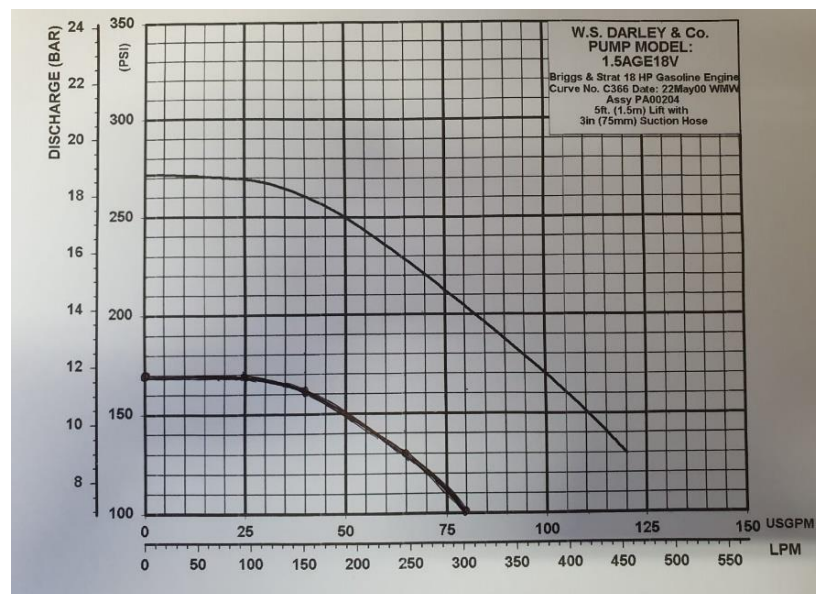


Figura 1: CARACTERISTICAS DE LA MOTOBOMBA

La curva superior corresponde al desempeño de la motobomba a máximas rpm. La curva inferior corresponde a una curva próxima (pero algo superior) a la requerida por el Sistema 2800.

INFORMACIÓN RESTRINGIDA

Es válido el documento disponible en la base de datos CAREM o identificado como COPIA CONTROLADA

ARCHIVO ELECTRÓNICO: MD-CAREM25XT-12-r2